

面向新型电力系统的研究生“机器学习”课程改革与实践

王立成^{1*}, 刘 帅²

¹上海电力大学人工智能学部, 上海

²上海理工大学理学院, 上海

收稿日期: 2025年11月9日; 录用日期: 2025年12月11日; 发布日期: 2025年12月19日

摘要

面向新型电力系统发展需求, 针对当前研究生“机器学习”课程存在理论分析不深、实战能力不足、教学方式单一等问题, 探索以“数学原理分析 + 应用场景驱动 + 实践演练”三位一体的教学模式改革路径。通过升级教学内容、优化教学方法、拓展教学平台, 提升学生理论素养、工程能力与跨界创新意识, 为人工智能技术在电力行业的深度融合提供高质量人才支撑。

关键词

新型电力系统, 机器学习, 课程教学改革, 教学案例设计

Reform and Practice of “Machine Learning” Course for Postgraduates Oriented towards New Power Systems

Licheng Wang^{1*}, Shuai Liu²

¹Faculty of Artificial Intelligence, Shanghai University of Electric Power, Shanghai

²College of Science, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: November 9, 2025; accepted: December 11, 2025; published: December 19, 2025

Abstract

To address the development needs of new power systems and overcome existing issues in the “Machine Learning” graduate course—including insufficient theoretical analysis, lack of practical competence, and monotonous teaching methods, this research explores a three-pronged teaching

reform model. It integrates “mathematical principle analysis, application scenario-driven learning, and practical implementation”. Through upgrading the teaching content, optimizing the pedagogical methods, and expanding the teaching platforms, this reform is designed to elevate students’ theoretical knowledge, engineering abilities, and interdisciplinary innovation awareness, cultivating high-quality talent to support the deeper integration of artificial intelligence in the power industry.

Keywords

New Power System, Machine Learning, Teaching Reform of Course, Teaching Cases Design

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 研究生“机器学习”课程现状与改革背景

以源网荷储互动与多能互补为特点的新型电力系统快速发展,已成为现代社会运行的关键基础设施,其安全性与可靠性直接关系到经济发展与社会稳定。随着可再生能源的大规模接入、电力电子设备的广泛部署以及信息化智能化水平的提升,新型电力系统正朝着智能化、高比例新能源友好型的方向快速发展,人工智能、数据驱动建模等技术在源网荷储系统里的运用越发普遍。这对从事电力系统相关的研究生提出了更高要求,要求其拥有扎实的数学基础与系统建模能力,并且熟练掌握前沿机器学习算法并运用到实际场景中[1]-[3]。

审视国内外高等工程教育,尽管“AI+工科”教育、项目式学习与产教融合已成为高等工程教育改革的核心方向,但现有实践模式在深度与广度上仍存在显著局限。国外层面,美国麻省理工学院早在20世纪80年代便推行项目式学习模式,将AI算法教学与工程实践任务深度绑定,其课程设计强调“问题导向-自主探究-成果转化”的闭环,但针对电力系统等强行业属性领域的定制化案例开发不足,通用型算法教学与行业特殊需求存在脱节;斯坦福大学虽与谷歌、特斯拉等企业合作共建AI工程实训平台,但合作多聚焦于技术研发协同,缺乏对课程体系、案例资源库的系统性共建。欧洲高校如慕尼黑工业大学,在“AI+能源”领域虽开设交叉课程,但侧重算法应用层面的演示,对算法数学原理与电力系统机理的融合讲解较为薄弱。国内方面,伴随“新工科”建设推进,清华大学、浙江大学等高校率先开展“AI+工科”课程改革,在自动化、电气工程等专业融入机器学习核心内容,但多数课程仍以通用算法讲授为主,电力系统场景仅作为补充案例,未能形成“算法原理-行业场景-实践应用”的深度融合;项目式学习应用多停留在课程设计、毕业设计等阶段性环节,缺乏贯穿课程全程的递进式任务体系;产教融合多以企业实习、专家讲座等浅层合作为主,校企共同开发课程资源、共建实验平台的长效机制尚未普遍建立[4][5]。

综上所述,已有的传统研究生“机器学习”课程在教学实践中存有不少问题。一方面典型算法的数学基础讲解缺乏系统性,学生对核心原理缺乏深入理解,另一方面,课程实践环节与工业需求脱节,缺少真实数据与场景训练,使得学生只知其然而不知其然,而且课程教材更新迟缓,未能涉及当前主流的深度学习、强化学习等前沿领域,限制了学生的认知范围和研究深度。因此对“机器学习”课程进行改革很有必要,改革必须要重视理论与实践的融合、重视跨学科技术的集成,借助创新教学方法激发学生主动学习与自主研究的内在动力[6][7]。

2. 研究生“机器学习”课程改革措施

2.1. 深化算法原理教学: 构建系统性知识结构

当前研究生“机器学习”课程存在算法数学原理讲解欠缺、学生理解不够深入的情况, 此次改革从“理论基础再强化”入手, 系统强化对典型算法背后数学结构的剖析。教学时, 把课程内容分成模块化原理单元, 每个单元围绕一种有代表性的核心算法展开, 包括其理论推导途径、优化目标函数的数学建模流程、迭代求解机制以及收敛性分析。比如讲解梯度下降法时, 结合多维空间里的函数图像、几何意义和导数方向, 引导学生明白算法本质及其在损失函数优化里的关键作用, 分析支持向量机算法时, 通过构造拉格朗日对偶问题, 引导学生掌握约束优化理论的实质, 在此之上, 课程还重视底层数学知识的穿插讲解, 例如矩阵投影、范数性质、凸集定义等, 强化数学工具与算法模型之间的内在联系。在教学方式上, 鼓励学生在课堂中参与公式推导和逻辑验证, 配合编程练习让理论和数值结果相互印证, 使抽象概念变得具体, 提升学生的模型构建能力和数理推理能力, 通过这一系统化原理教学路径, 学生可构建出完整且清晰的机器学习知识图谱, 并且有从原理出发理解并改进算法的能力。

2.2. 聚焦行业问题导向: 引入电力场景驱动任务

为破解传统教学中“理论与实践脱节”的痛点, 本课程改革的核心举措之一便是聚焦行业问题导向, 通过引入面向新型电力系统的任务驱动式教学模块, 将算法知识与具体应用场景深度融合, 切实提升学生的问题建模能力与工程应用能力。在此背景下, 课程选取“短期电力负荷预测”作为核心教学案例, 该任务是新型电力系统源荷协同调度、新能源消纳优化的前置关键环节, 其预测精度直接关系电网运行的安全性与经济性。鉴于风电、光伏等间歇性电源大规模并网, 以及电动汽车、商业综合体等柔性负荷占比提升, 电力负荷呈现出“强时序性、多因素耦合、高随机性”的新特征, 传统预测方法已难满足现代电网的精细化调度需求。因此, 依托机器学习技术构建精准预测模型成为必然选择, 使得该案例天然兼具“理论深度与工程价值”, 是衔接算法教学与行业实践的理想载体。

本案例的教学目标明确分为三个维度: 知识层面, 要求学生掌握时序数据建模的核心方法, 并能从机理上理解时间、气象等关键变量对负荷的影响; 能力层面, 培养学生从数据清洗、特征工程、模型构建到精度优化的全流程实操能力, 使其能根据电力场景特点灵活调整建模策略; 素养层面, 帮助学生建立“数据驱动+行业认知”的工程思维, 深刻理解负荷预测对电网经济安全运行的核心价值。

案例所用数据集来源于与地方电力公司合作获取的区域历史负荷与关联数据, 涵盖负荷数据、气象数据及辅助特征数据三大类。为保证建模质量, 数据需经过针对性预处理: 对负荷数据中的少量缺失值采用线性插值法填充, 以保障时序连续性; 通过 3σ 原则识别并修正异常值; 对气象数据进行时空匹配, 将站点数据映射至对应负荷区域; 对节假日等分类特征进行独热编码。同时, 课程配套数据说明文档, 阐明行业特殊规则, 引导学生理解数据背后的电力系统运行逻辑。

案例实施采用“四阶段递进式”教学模式, 贯穿 4 周课程周期。第一阶段聚焦数据准备与特征工程, 指导学生使用数据分析工具完成数据清洗, 从各个维度提取特征, 并通过相关性分析筛选关键变量, 剔除与负荷关联度低的冗余特征。第二阶段构建基准模型, 讲解 ARIMA 模型的理论基础, 引导学生完成模型定阶与训练, 建立预测精度的基准线。第三阶段进阶至深度学习模型, 重点解析 LSTM 网络的门控机制及其捕捉长时序依赖的优势, 指导学生搭建网络结构, 并通过超参数寻优提升模型性能。第四阶段开展模型对比与优化, 组织学生分析 ARIMA 与 LSTM 的性能差异, 针对节假日预测误差较高等问题补充特征变量, 最终形成包含数据流程、模型设计、误差分析的完整报告。

为确保教学成效, 案例采用“过程+结果”双维度评价体系。过程性评价关注数据预处理的合理性、

模型选择的依据及小组协作效率;结果性评价则侧重最终模型的预测精度、报告的逻辑深度与技术完整性,并鼓励学生提出创新的优化方案。针对教学中可能出现的典型问题,课程预设了相应的解决方案:对于数据清洗时易破坏时序连续性的问题,通过讲解行业特性与对比不同插值方法的效果来纠正认知偏差;针对LSTM模型易出现的过拟合现象,引入Dropout正则化与时间序列交叉验证方法;对于因不熟悉行业规则导致的建模误区,则通过前置的行业手册预习与专家答疑环节来强化场景认知,助力学生达成“懂算法、懂数据、懂场景”的能力目标。

除短期电力负荷预测外,本课程还围绕新能源接入、故障识别、系统调度等热点问题开发了系列案例。例如,在电网故障检测模块中,引导学生结合图神经网络与电力系统拓扑数据,开展故障类型识别工作。通过将算法置于真实的电力场景中进行应用与检验,学生得以更深刻地理解和运用机器学习,从而切实提升其解决复杂工程问题的综合能力。

2.3. 创新教学组织形式: 强化交互与实战结合

本课程改革以协同育人理论为指导,在教学组织形式上打破了传统的教师单向讲授模式,构建起一种“教师引导、学生主导、协同研讨”的教学生态,着重突出全过程参与和任务驱动并重的学习路径,为防止学生陷入对知识点的孤立记忆,课程设计运用真实项目模拟的方式,以典型应用任务作为驱动,把学生分成项目小组,让他们承担不同角色与子任务,在小组内部达成协同学习与分工合作。在课程结束之前会组织成果展示活动,学生要对各自项目进行总结汇报以及模型性能演示,评审环节可以邀请行业专家参与点评。搭建起学术与产业双向反馈的平台,借助这种高度沉浸式、协同化的教学组织形式,帮助学生更好地将理论知识与实践相结合,提高解决实际问题的能力,同时学生可真切体验项目开发流程中多个环节的挑战,从而提升自身的工程素养与团队协作能力,也为未来从事科研攻关或者企业产品开发积累经验。

2.4. 建设教学支撑资源: 打造应用案例与数据平台

本课程在教学资源方面开展系统性建设工作,着重打造把“算法”与“场景”相结合的案例资源库,同时完善与之配套的实验教学平台。该案例库不仅包含前述的核心案例“短期电力负荷预测”,还系统性地拓展至风电出力预测、电力变压器故障诊断、配电网拓扑故障定位、电力用户信用等级分类、电网调度优化、光伏板热斑检测等多个典型应用。这些案例共同构成了一个覆盖时序预测、故障诊断、分类评估、优化调度等多样化任务的教学矩阵。针对每个案例,课程均会结合1~2个机器学习算法,设计对应的教学任务以及实验指导,旨在引导学生在真实的工业背景下理解算法的适用边界与应用全过程,提升工程实践能力。与案例库紧密配套的是实验平台与技术支持,学生可依托教学平台提供的真实或高仿真数据集与计算资源,依据案例指导进行编程实现与参数调试,亲历从理论原理学习到场景建模应用的完整训练闭环,从而深化对算法的掌握。为确保所有案例兼具理论深度与工程应用价值,案例库与实验内容均由项目组教师与具备深厚行业背景的专家团队共同设计开发。这一举措不仅为学生提供了高质量的实践素材,也为课程的持续迭代优化与长期发展奠定了坚实的资源基础。

3. 研究生“机器学习”课程改革的意义与价值

随着新型电力系统智能化程度持续提高,人工智能技术和电力系统的融合变得日益深入,成为行业发展的关键方向,在此背景下机器学习这门课程不仅能培养学生处理现实问题的能力,还能使他们为社会和产业的进步作出贡献。本课程改革秉持“数学原理剖析+工程场景驱动”的核心理念,着重提升研究生对机器学习算法的理论认知和实际运用能力,有着关键的理论意义与现实价值。在理论方面,借助

系统阐释典型算法背后的数学原理, 引导学生全面掌握算法的建模逻辑、推导过程以及适用边界, 搭建完整的知识架构, 提升其逻辑推理与理论抽象水平, 课程加强跨学科融合, 促进人工智能方法与电力系统工程问题有机结合, 为相关交叉领域课程改革提供理论支持与教学范例。在应用方面, 课程引入电力系统中的实际问题当作教学载体, 比如风电预测、电网调度以及设备故障诊断等, 帮助学生在真实任务中理解并运用算法, 提高其实践能力与工程思维, 通过任务驱动式学习和项目化训练, 学生在解决复杂问题时培养创新能力与团队协作能力。课程改革还会开发标准化的应用场景资源库与实验平台, 推动产教融合, 促进电力行业智能化发展。改革成果有利于培养有扎实理论基础和工程实战经验的高质量人才, 为社会的科技创新和产业发展提供有力支撑, 有十分突出的社会效益和推广价值。

4. 结语

面向新型电力系统发展需求的“机器学习”研究生课程改革, 是推动人工智能技术在关键工程领域落地应用、培养新时代高层次工科人才的重要举措。本文从教学内容重构、教学方式优化、教学资源建设等方面系统开展探索, 构建起以数学原理剖析和电力场景驱动为核心的教学体系, 有效提升了课程的理论深度与实践广度。通过模块化内容设计与项目式教学组织, 课程实现了从知识传授向能力培养的转变, 进一步强化了研究生的模型构建能力、工程思维能力与创新实践能力。

基金项目

2024 年“上海高校青年教师培养资助计划”; 2024 年上海电力大学研究生教育教学建设项目(YJY-2024004)。

参考文献

- [1] 周志华. 机器学习[M]. 北京: 清华大学出版社, 2016.
- [2] Kai-Zhu Huang, Hai-Qin Yang, Irwin King, 等. Machine Learning 机器学习: 局部和整体的学习[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2008.
- [3] 王宇龙, 编著. 人工智能科学与技术丛书 PyTorch 高级机器学习实战[M]. 北京: 机械工业出版社, 2023.
- [4] Janiesch, C., Zschech, P. and Heinrich, K. (2021) Machine Learning and Deep Learning. *Electronic Markets*, **31**, 685-695. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2>
- [5] Cheng, Q. and Wang, X. (2024) Machine Learning for AI Breeding in Plants. *Genomics, Proteomics & Bioinformatics*, **22**, qzae051. <https://doi.org/10.1093/gpbjnl/qzae051>
- [6] Daidone, M., Ferrantelli, S. and Tuttolomondo, A. (2023) Machine Learning Applications in Stroke Medicine: Advancements, Challenges, and Future Prospectives. *Neural Regeneration Research*, **19**, 769-773. <https://doi.org/10.4103/1673-5374.382228>
- [7] Karuppusamy, M., Thirumalaisamy, R., et al. (2025) A Review of Machine Learning Applications in Polymer Composites: Advancements, Challenges, and Future Prospects. *Journal of Materials Chemistry A*, **13**, 16290-16308.